گل و گیاهان زینتی (۱٤۰۲)، ۸(۲): ۲۵۵-۲۷۸

مقاله پژوهشی

تغییرهای مورفو-فیزیولوژیک گل بریدنی آلسترومریا 'Frosty' تیمارشده با نیتروپروساید سدیم و تیمول

عطیه اورعی، محمود شور*، تکتم اورعی، محبوبه میری، مهدیه عیسایی، سیمین عطاران زاده، سمانه خوش انگشت، نرگس هراتی، علی عصاران

گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد

shoor@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/٤/۱۷، تاریخ بازنگری: ۱٤۰۲/۷/۷، تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۷/۱۱

چکیده

با توجه به این‌که افزایش زمان بازارپسندی گل‌های بریدنی از نظر اقتصادی بسیار با اهمیت است و گل بریدنی آلسترومریا نیز یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی ایران و جهان می‌باشد، آزمایشی برای بررسی اثر غلظت‌های نیتروپروساید سدیم و تیمول بر عمرگلجایی و صفات فیزیولوژیک گل آلسترومریا به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل سطوح مختلف نیتروپروساید سدیم (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و سطوح متفاوت تیمول (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بود. بیشترین عمر گلجایی (۱٦/۳ روز) در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم همراه با تیمول یا بدون تیمول دیده شد. در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم با افزایش غلظت تیمول تغییرهایی ازنظر ماندگاری گل به ثبت نرسید. برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر وزن‌تر نسبی در روزهای ۵، ۷، ۹ و ۱۳ و برجذب محلول در تمامی روزها معنی‌دار شد. در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم همراه با ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول تا روز پنجم روند جذب محلول و وزن‌تر بالارونده و پس‌ازآن پایین‌رونده به ثبت رسید. کمترین میزان وزن‌تر نسبی و جذب محلول در تیمار شاهد به ثبت رسید. بالاترین میزان سبزینه a (۰/۱٦ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر)، سبزینه b (۰/۰۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) و سبزینه کل (۰/۲۳۸ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر) در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول دیده شد. در تیمارهای ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بدون تیمول یا حاوی تیمول میزان باکتری‌ها در پایین‌ترین سطح خود ($\log_{10}$ CFU/ml ۳/۳-٦۲/۵۱) به ثبت رسید و بالاترین میزان این شاخص (۳/۸۸ $\log_{10}$ CFU/ml) در تیمار شاهد دیده شد. در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم و ۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم با افزایش غلظت تیمول تفاوت معنی‌داری ازنظر وزن خشک دیده نشد، اما بیشترین میزان وزن خشک در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول به ثبت رسید. نتایج این آزمایش کاربرد ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم همراه با تیمول یا بدون تیمول را برای افزایش عمر پس برداشت و کاهش تخریب سبزینه پیشنهاد می‌کند.

واژه‌های کلیدی: اسانس گیاهی، گل بریدنی، محلول نگهدارنده، نیتریک اکسید.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

مقدمه

در بین گل‌های بریدنی، آلسترومریا[1]، جزو ده گل برتر دنیا به‌حساب می‌آید. آلسترومریا متعلق به زیرمجموعه تک‌لپه‌ای‌ها و تیره Alstroemeriaceae می‌باشد. بیشتر گونه‌های این گیاه در شیلی و برزیل شناسایی‌شده‌اند. آلسترومریا به دلیل زیبایی و تنوع رنگ و ماندگاری به‌نسبت طولانی به یکی از مهم‌ترین گل‌های بریدنی تبدیل شده است (Ghasemi Ghehsare & Kafi, 2008). در بسیاری از کشورها تقاضا برای گل‌های بریدنی با ماندگاری بالا رو به افزایش است. در بخش کشاورزی، صنعت پرورش گل به دلیل ارزآوری بالا و صادرات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. با وجود ارزش اقتصادی بالا، یکی از معضلات صنعت گل‌های بریدنی، ضایعات زیاد تولید به دلیل فسادپذیری بالا است (Gelaye, 2023). سرانه مصرف گل در ایران ۱۵ تا ۱۸ شاخه در سال می‌باشد. طبق آمار رسمی گمرک در سال ۱۳۹۹ ارزش صادرات گل ۲۷ میلیون دلار بود. برای حفظ کیفیت گل‌های بریدنی و مقاومت آن‌ها تیمار با محلول‌های نگهدارنده توصیه می‌شود. این محلول‌ها با طولانی کردن عمر گل، حفظ رنگ و کیفیت گل، انگیزه لازم را برای مصرف‌کننده به وجود می‌آورند تا ازگل‌های بریدنی بیشتر استفاده کنند (Tehranifar & Rashidi, 2019).

ماندگاری و حفظ کیفیت پس از برداشت گیاهان زینتی از اهمیت خاصی برخوردار است. تحقیقات بسیاری در زمینه بهبود کیفیت گل‌های بریدنی صورت گرفته است. گل‌های بریدنی آلسترومریا پس از برداشت با مشکل زرد شدن برگ‌ها، خشک شدن گلچه‌ها و گلبرگ‌ها مواجه هستند. یکی دیگر از مشکلات ماندگاری گل‌های بریدنی بسته‌شدن آوندها به دلیل رشد میکروارگانیسم و کاهش جذب آب می‌باشد. به دلیل رشد میکروارگانیسم‌ها برگ‌ها و گل‌ها شادابی خود را از دست می‌دهند و ماندگاری این گل کاهش می‌یابد (Moradi & Naghizadeh, 2017).

مواد مختلفی برای بهبود عمر پس از برداشت گل‌های بریدنی استفاده شده‌اند. نیتروپروساید سدیم[2] یک ترکیب رها کننده نیتریک اکسید[3] است که در حالت محلول به‌شدت به نور حساس می‌باشد، تجزیه آن توسط اکسیژن و دمای زیاد تسریع می‌شود (Wieczorek *et al*., 2006). نیتریک اکسید مولکولی است که در برخی فعالیت‌های بیولوژیکی گیاهان مانند: تنژگی بذر، رشدونمو گیاهان، بلوغ، پیری و حرکات روزنه‌ای نقش دارد. کاربرد خارجی نیتریک اکسید، موجب تحریک فرآیند بسته شدن روزنه‌ها می‌شود (Vishwakarma *et al*., 2019; Hussain *et al*., 2022; Sun *et al*., 2019). از سوی دیگر، نیتریک اکسید به‌عنوان واسطه در عمل تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی، متابولیسم گونه‌های فعال اکسیژن[4]، انتقال پیام و پاسخ به تنش‌های زیستی و غیر زیستی نقش مهمی ایفا می‌نماید (Freschi *et al*., 2013). همچنین اعتقاد بر این است که این ماده نقشی دوگانه دارد و این بستگی به غلظت آن، نوع گیاه، بافت گیاهی، و سن گیاه دارد (Del Rio *et al*., 2004).

تأثیر مثبت ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بر ماندگاری و خصوصیات کیفی میخک به اثبات رسیده است (Mostofi *et al*. 2010). در پژوهشی، تأثیر کاربرد نیتروپروساید سدیم بر گل بریدنی لیزیانتوس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم سبب افزایش سطح برگ و طول ساقه لیزیانتوس قبل برداشت و

۱- *Alstroemeria aurantiaca* ۲- Sodium nitroprusside ۳- Nitric oxide (NO) ٤- Reactive oxygen species

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

ماندگاری گل پس از برداشــت شــد. محققین بســیاری تأثیر مثبت این مواد را بر ماندگاری گل‌های بریدنی داوودی (Norani Niaki *et al*., 2022)، رز (Abdi & Jabbarzadeh, 2022) و ژربرا (Shabanian *et al*., 2018) نشان داده‌اند.

درگذشته از مواد ضد میکروبی شیمیایی برای افزایش ماندگاری گل بریدنی استفاده می‌شد اما در سال‌های اخیر، استفاده از مواد گیاهی با منشأ طبیعی و یا مواد شیمیایی کم‌خطرتر رو به افزایش است. دو اسانس آب‌گریز به‌دست‌آمده از گونه‌های مختلف نعنا[1] و آویشن[2] که متعلق به تیره نعناسانان می‌باشد کارواکرول و تیمول هستند. این اسانس‌ها با نفوذ به درون لیپیدهای غشاء یاخته‌ای میکروارگانیسم‌ها سبب تغییر ساختار و نفوذپذیری سلول می‌شوند. خروج محتویات یاخته‌ای منجر به مرگ سلول می‌شود. امروزه استفاده از اسانس‌ها و عصاره‌های گیاهی برای کنترل آلودگی‌های باکتریایی و قارچی در صنعت گل‌های بریدنی بسیار کاربرد دارد. این اسانس‌ها حاوی کتون‌ها، آلدئیدها، اتر، اکسید، هیدروکربن‌ها و مواد دیگری می‌باشند. تیمار ۵۰ میلی‌گرم تیمول علاوه بر کاهش زردی گل‌های آلسترومریا عمر پس از برداشت آن‌ها را با افزایش وزن‌تر نسبی، افزایش داد (Madadzadeh *et al*., 2013). در تحقیقی Oraee و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول سبب کاهش تعداد باکتری‌های ساقه گردید و عمر پس از برداشت ژربرا را افزایش داد. با افزایش غلظت تیمول به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر از عمر گلجایی رز کاسته شد، هرچند ماندگاری گل‌ها در این تیمار از شاهد بیشتر بود، اما بهترین غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر گزارش شد. از طرفی رابطه مستقیمی بین باکتری‌های ساقه و ماندگاری گل مشاهده شد (Oraee *et al*., 2013). این تحقیق برای بررسی تأثیر اسانس تیمول و نیتروپروساید سدیم برای بهبود عمر پس از برداشت گل بریدنی آلسترومریا انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در سال ۱۴۰۲ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل نیتروپروساید سدیم در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار) و تیمول در سه سطح (صفر، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) روی گیاه آلسترومریا رقم Frosty صورت پذیرفت. هر تیمار شامل سه تکرار بود و هر بطری شامل دو گل بریدنی بود. گل‌ها صبح زود از گلخانه‌ای تجاری واقع در شهر مشهد خریداری شدند و بی‌درنگ به آزمایشگاه دانشکده کشاورزی منتقل شدند.گل‌های آلسترومریا با طول و قطر حدوداً یکسان در مرحله برداشت تجاری زمانی که گل‌ها نسبتاً بازشده و کاسبرگ‌ها به سمت پایین خم‌شده‌بودند (مرحله ۳) برداشت شدند . در آزمایشگاه گل‌ها با طول ۴۵ سانتی‌متر در زیرآب و توسط قیچی استریل باز برش یافتند. سپس شاخه‌های گل داخل ظروف محتوی ۵۰۰ سی‌سی محلول نگهدارنده قرار داده شدند و برای اعمال تیمارهای کوتاه‌مدت پس از اتمام مدت تیمار به ۵۰۰ سی‌سی آب مقطر منتقل شدند. درب ظروف برای جلوگیری از تبخیر سطحی با پنبه پوشانده شد و در آزمایشگاه با دمای۱ ±۲۲ درجه سلسیوس قرار گرفتند.

صفات مورد ارزیابی

عمر گلجایی

عمر گلجایی به‌صورت روزانه ارزیابی شد. اندازه‌گیری عمر گلجایی گل‌ها با استفاده از روش ارائه‌شده توسط Mutui و همکاران (2006) با ارزیابی ۵۰٪ پژمردگی، تغییر رنگ و قهوه‌ای شدن گلبرگ‌های گل‌ها و خمیدگی شاخه انجام شد.

۱- Mentha
۲- Thymus

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

وزن‌تر نسبی

تغییرهای وزن‌تر نسبی به‌صورت روزانه توسط ترازوی دیجیتال تا پایان عمر گلجایی اندازه‌گیری شد. وزن‌تر گل‌ها از طریق رابطه ۱، تقسیم وزن گل‌ها در هر روز نسبت به روز صفر (روز آغاز آزمایش) حاصل شد (He *et al.*, 2006).

$$RFW\ (\%\ of\ the\ initial) = \{(W_t/W_{t=0})\}\times 100$$ رابطه (۱)

RFW: درصد نسبی وزن‌تر، W_t: وزن شاخه گل در روزهای ۰، ۱، ۲ و...، $W_{t=0}$: وزن همان ساقه در روز صفر

میزان جذب محلول

مقدار جذب آب با استفاده از استوانه‌ی مدرج اندازه‌گیری شد و برای تجزیه آن از رابطه ۲ استفاده گردید (Mohammadi Kabari & Jadid Soleimandarabi, 2019):

$$FW = \frac{(S_{t-1})-S_t}{w_{t=o}}$$ رابطه (۲)

FW= میزان محلول جذب‌شده، S_t=وزن محلول در روز ۰،۳ و ...، S_{t-1} = وزن محلول در روز پیشین، $w_{t=o}$=وزن

سنجش میزان سبزینه برگ‌ها

برای محاسبه میزان سبزینه در روز هفتم، ۰/۲۵ گرم برگ تازه (در همه نمونه‌ها از برگ تکامل‌یافته نزدیک به گل‌ها روی شاخه استفاده شد) را خرد کرده با ۵ میلی‌لیتر آب مقطر در هاون سائیده و سپس مخلوط حاصل را در یک بالن ژوژه با آب مقطر به حجم رسانده، ۰/۵ میلی‌لیتر از مخلوط حاصله برداشته و با ٤/۵ میلی‌لیتر متانول مخلوط گردید. سپس به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفوژ با سرعت۳۵۰۰ دور در دقیقه انجام شد. محاسبه میزان سبزینه بر اساس روش Arnon (۱۹٤۰) صورت گرفت. پس‌از آن محلول شناور را برداشته و با استفاده از اسپکتروفتومتر میزان جذب نور در طول‌موج‌های٤۷۰، ٦۵۳ و ٦٦٦ نانومتر قرائت گردید. نهایتاً غلظت سبزینه از رابطه ۳ به دست آمد.

$$Chl\ a = (15/65\times A\ 666) - (7/34\times A\ 653)$$
$$Chl\ b = (27/05\times A\ 653) - (11/21\times A\ 666)$$
$$Chl_t = Chl\ a + Chl\ b$$ رابطه (۳)

شمارش جمعیت باکتری‌های محلول

برای شمارش تعداد کلونی باکتری در محلول‌های گلجایی در روز هفتم از روش شمارش کل به روش پلیت استاندارد استفاده شد و از رابطه ٤ برای محاسبه جمعیت باکتری‌ها استفاده شد (Bleeksma & Van Doorn, 2003). برای شمارش باکتری‌ها از محیط کشت آگار غذائی[1] استفاده گردید. به این منظور محیط کشت NA آماده گردید، بر اساس میزان مصرف NA درج‌شده بر روی ظروف مربوط به آن (۲۸ گرم در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب) و تعیین مقدار ماده‌ی موردنیاز برحسب تعداد نمونه‌ی مورداستفاده، ۲۰ گرم از ماده‌ی NA به همراه یک لیتر آب داخل ارلن ریخته و روی شیکر گذاشته شد. بعد از حل شدن کامل مواد ، درب ارلن با پنبه و فویل آلومینیوم پوشانده شد و در داخل اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه‌ی سلسیوس و فشار ۱۵ اتمسفر به مدت ۳۰

۱- Nutrient agar (NA)

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

دقیقه استریل گردد. پس از ضدعفونی هود و کلیه‌ی مواد موردنیاز، مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از محیط NA داخل هر یک از پتری دیش‌های استریل ریخته شد. با توجه به اینکه در شمارش باکتری‌های موجود در یک نمونه معمولاً تعداد باکتری‌ها آن‌قدر افزایش می‌یابد که با دستگاه کلونی شمار به‌راحتی قابل‌شمارش نمی‌باشند و یا در شمارش آن‌ها ممکن است خطای زیادی صورت پذیرد، نیاز به تهیه‌ی سری رقت می‌باشد. برای تهیه‌ی سری رقت چند لوله‌ی آزمایش برداشته و داخل هر یک ۹ سی‌سی از محلول سرم فیزیولوژیک (سرم فیزیولوژیک شامل ۸ گرم در لیتر کلرید سدیم می‌باشد) ریخته شد. سر این لوله‌ها نیز با پنبه و فویل آلومینیوم بسته و برای استریل ساختن، داخل اتوکلاو قرار داده شدند. بعد از بیرون آوردن آن‌ها از اتوکلاو، از نمونه‌ی آزمایشی موردنظر، ۱۰۰۰ میکرولیتر برداشته و در داخل لوله‌ی آزمایش اول ریخته شد. لوله‌ی آزمایش به مدت حدود ۵ دقیقه روی دستگاه ورتکس قرار گرفت. سپس از لوله‌ی آزمایش اول ۱۰۰۰ میکرولیتر برداشته و در داخل لوله‌ی آزمایش دوم ریخته و بر روی دستگاه ورتکس قرارداده– شد این مرحله ۵ تا ٦ بار تکرار گردید تا رقت مناسب انتخاب گردد. غلظت‌های سریالی $۱۰^{-۲}$ تا $۱۰^{-٦}$ از نمونه‌های آب هر کدام از تیمارها تهیه شد.

تعداد واحدهای تشکیل دهنده کلنی ($CFU\ ml^{-1}$)= (تعداد کلنی ها/(حجم محیط کشت × ضریب رقت)

رابطه (٤)

وزن خشک

گیاهان پس از پایان عمر گل‌ها (از روز هشتم در گیاه شاهد و روز شانزدهم در تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول) در آون قرار گرفتند و وزن خشک گیاه توسط ترازو اندازه‌گیری شد.

واکاوی آماری داده‌ها

برای واکاوی آماری از نرم‌افزار JMP8 استفاده گردید. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از طرح توکی در سطح احتمال ۵٪ و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار اکسل انجام شد.

نتایج و بحث

عمرگلجایی

برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر عمر پس از برداشت گل بریدنی آلسترومریا در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). مطابق مقایسه میانگین‌ها در شکل ۱ بیشترین عمرگلجایی در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و تیمارهای صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول (١٦/٣ روز) به ثبت رسید، درصورتی‌که کمترین عمر گلجایی آلسترومریا در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم و تیمول ۵۰ و ۱۰۰ تیمول (۸/۳–۹/۳ روز) مشاهده شد. در صورت عدم استفاده از نیتروپروساید سدیم، با افزایش غلظت تیمول تفاوت معنی‌داری بین گل‌ها ازنظر عمر پس از برداشت مشاهده نشد، همچنین کاربرد تیمول همراه با ۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم نیز تفاوت معنی‌داری نسبت به شرایط بدون تیمول نداشت (شکل ۱).

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات تیمارهای مختلف بر عمر گلجایی، میزان سبزینه، باکتری‌های محلول، و وزن خشک گل بریدنی آلسترومریا.

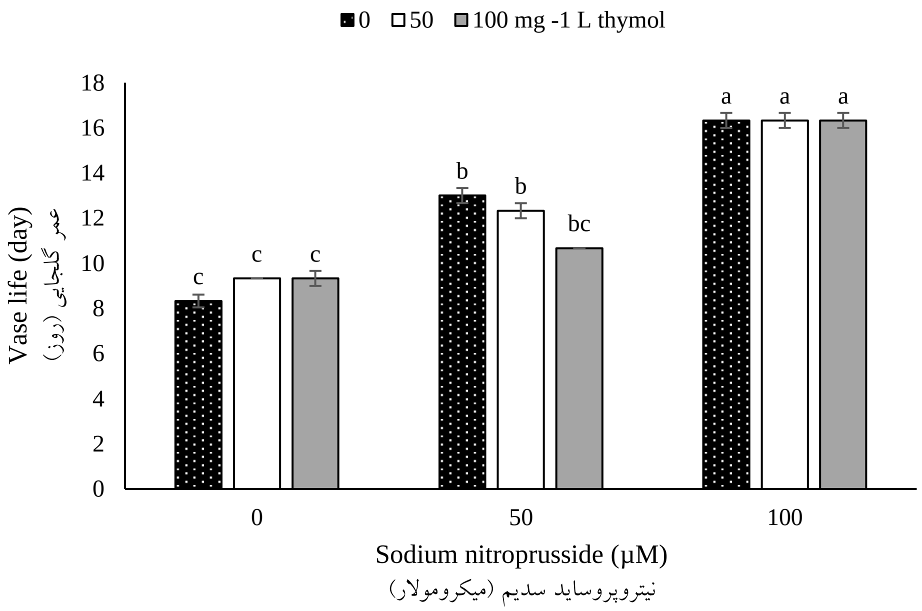
Table 1- Analysis of variance (mean square) of the effects of different treatments on vase life, chlorophyll content, solution bacteria, and dry weight of alstroemeria cut flower.

منابع تغییرات (Sources of variance)	درجه آزادی (df)	عمر گلجایی (Vase life)	سبزینه a (Chlorophyll a)	سبزینه b (Chlorophyll b)	سبزینه کل (Total Chlorophyll)	باکتری‌های محلول (Solution Bacteria)	وزن خشک (Dry weight)
نیتروپروساید سدیم Sodium nitroprusside	2	122^{**}	0.008^{**}	0.002^{**}	0.020^{**}	0.282^{**}	0.110^{ns}
تیمول Thymol	2	0.778^{ns}	0.00001^{ns}	0.0001^{**}	0.0001^{*}	0.048^{**}	0.107^{ns}
نیتروپروساید سدیم × تیمول Sodium nitroprusside× Thymol	4	2.28^{*}	0.001^{**}	0.0005^{**}	0.003^{**}	0.040^{**}	0.166^{*}
خطا Error	18	10.66	0.00005	0.00001	0.0001	0.70	0.71
ضریب تغییرات CV	-	2.1	2.19	2.82	2.38	5.47	14.1

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns غیر معنی‌دار.

*Significant at 5% probability level, **significant at 1% probability level, ns not significant.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]



شکل ۱- برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر عمر گلجایی گل بریدنی آلسترومریا. ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (تعداد= ۳± خطای استاندارد).

Figure 1- Interaction effects of sodium nitroprusside and thymol on vase life of alstroemeria cut flower. Columns with the same letters do not statistically differ significantly at the 5% level based on Tukey's test (*n* = 3 ± SE).

در آزمایشی که توسط Mostofi و همکاران (2010) روی گل بریدنی میخک انجام شد، گزارش کردند که غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم باعث افزایش عمر گلجایی، حفظ سبزینه برگ و استحکام ساقه گل شد. از طرفی کاربرد نیتروپروساید سدیم بر گل بریدنی داوودی با کاهش فعالیت‌های آنزیم آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش عمر گلجایی این گل شد (Norani Niaki *et al.*, 2022). تأثیر مثبت این ماده بر عمر گلجایی گل‌های بریدنی چون رز (Abdi & Jabbarzadeh, 2022) و لیزیانتوس (Piri & Jabbaarzadeh, 2023) به اثبات رسیده است. نیتروپروساید سدیم با تأثیر بر میزان کربوهیدرات و همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود بر عمر گلجایی گیاهان مؤثر می‌باشد (Salachna & Zawadzinska, 2018; Seyf *et al.*, 2012; Shabanian *et al.*, 2018). نیتریک اکسید توانایی پیش‌گیری از تولید اتیلن را با کاهش تولید ACC اکسیداز و سینتاز دارد و در نتیجه باعث کاهش سرعت تخریب و تجزیه پلی‌ساکاریدهای دیواره یاخته‌ای می‌شود. کاهش تولید اتیلن سبب افزایش عمر پس از برداشت گیاهان می‌شود (Liao *et al.*, 2013). از طرفی، ترکیبات فنولی دارای اثرات فنولی چندگانه‌ای هستند که ازجمله می‌توان به فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها اشاره کرد (Piri & Jabbaarzadeh, 2023). ترکیبات فنولی که درنتیجه فعال شدن آنزیم پلی‌فنل اکسیداز در تیمارهای همراه با تیمول (Yahyazadeh *et al.*, 2008) تولید می‌شوند، دارای اثرات مهم آنتی‌اکسیدانی هستند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنولی به دلیل داشتن خصوصیات اکسایش و کاهش آن‌ها است. از طرفی نیتریک اکسید عامل تحریک تولید بسیاری از آنتی‌اکسیدان‌ها (Salachna & Zawadzińska, 2018) و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (Norani Niaki *et al.*, 2020) در محصولات برداشت شده است. در پژوهش حاضر، افزایش غلظت اسانس تا ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم تأثیر قابل‌توجهی بر افزایش ماندگاری گل نداشت که این با نتایج

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

Oraee و همکاران (۲۰۱۲) مبنی بر مؤثر واقع نشدن تیمار ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسانس کارواکرول + ساکارز ۵ ٪ بر ماندگاری گل شاخه بریدنی رز رقم 'Dolce vita' [۱] و نتایج Isapare و همکاران (2014) در مورد اینکه اسانس کارواکرول در دو غلظت ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر بر ماندگاری گل بریدنی آلسترومریا رقم Bridal [۲] تأثیر مثبتی نداشت، همسو بود. اما اثر مثبت تیمول در گل‌های داوودی[۳] (Hashemi *et al.*, 2013)، ژربرا[۴] (Solgi *et al.*, 2009)، و میخک[۵] (Solgi & Taghizadeh, 2015) به اثبات رسیده است. این نتایج نشان‌دهنده این مطلب است که تأثیر مثبت اسانس‌ها به‌عنوان محلول‌های نگهدارنده بستگی به نوع گیاه و نوع اسانس متفاوت خواهد بود. از طرفی اسانس‌های گیاهی به‌خصوص تیمول علاوه‌بر داشتن حلقه فنولی، یک گروه هیدروکسیل بر روی این حلقه دارند که موجب اثرات ضد میکروبی فوق العادهٔ آن‌ها می‌شود (Bounatirou *et al.*, 2007).

داده‌های رشد میکروبی از اثرات مثبت تیمول در آزمایش حاضر پیروی می‌کند. در جدول ٤، همبستگی مثبتی بین عمر پس از برداشت گل‌ها، با وزن‌تر، میزان جذب محلول، میزان سبزینه، وزن خشک و رابطه‌ای منفی با میزان باکتری‌های محلول مشاهده می‌شود. تیمارها با کاهش تعداد باکتری‌های محلول، میزان جذب محلول را افزایش دادند و منجر به افزایش ماندگاری گل‌های بریدنی آلسترومریا شدند. در بررسی اثر اتانول و متانول بر گل بریدنی میخک، نتایج همبستگی مثبت بین وزن‌تر و ماندگاری گل‌ها توسط Amini و همکاران (2012) نشان داده شده است، که با نتایج آزمایش اخیر همسو می‌باشد.

وزن‌تر نسبی

برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر وزن تر نسبی گل بریدنی آلسترومریا در روزهای ۵، ۷ ، ۹ و ۱۳ معنی‌دار شد، اما اثرات ساده نیتروپروساید سدیم بر وزن تر نسبی در روزهای ۳، ۱۱ و ۱۵ در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید و همچنین تیمول در روز اول بر وزن تر نسبی مؤثر بود (جدول۲). اثرات تیمول در روز اول نشان داد که بیشترین وزن تر نسبی مربوط به تیمار ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر (۱۰۸/۵٪ وزن اولیه) بود و بین تیمارهای دیگر با شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (شکل ۲ الف). در روزهای سوم، یازدهم و سیزدهم ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم سبب افزایش وزن تر نسبی (به ترتیب، ۱۱۳/۳، ۹۰/٦ و ۸٤٪ وزن اولیه) شد و در تمامی روزها وزن تر نسبی از همه تیمارها کمتر بود (شکل ۲ ب، ج، د). در روز پنجم با افزایش غلظت نیتروپروساید سدیم به ۱۰۰ میکرومولار بر وزن تر نسبی افزوده شد؛ به‌نحوی‌که که بیشترین میزان این شاخص در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بدون تیمول یا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول به ثبت رسید. در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم افزایش غلظت تیمول تأثیری بر وزن تر نسبی در این روز نداشت. در روز هفتم نیز در تیمارهای صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم، با افزایش غلظت تیمول نسبت به تیمارهای بدون تیمول، وزن تر نسبی تغییرهایی نداشت، اما بیشترین این شاخص در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم مشاهده شد. در روز نهم مانند روزهای دیگر روندی مشابه به ثبت رسید، با این تفاوت که در تیمار شاهد گیاهان از بین رفته بودند. اما در روز سیزدهم گیاهان در تیمارهای بدون نیتروپروساید و نیتروپروساید ۵۰ میکرومولار و تیمول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از بین رفته بودند و بین دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری به ثبت نرسید. در روز هفدهم همگی گل‌ها به پایان عمر گلجایی خود رسیدند (شکل ۳).

۱- *Rosa hybrida* 'Dolce vita'   ۲- *Alstroemeria* cv. Bridal   ۳- *Dendranthema grandiflorum*
۴- *Gerbera jamesonii*   ۵- *Dianthus caryophyllus*

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نیتروپروساید سدیم و تیمول بر وزن تر نسبی گل بریدنی آلسترومریا.

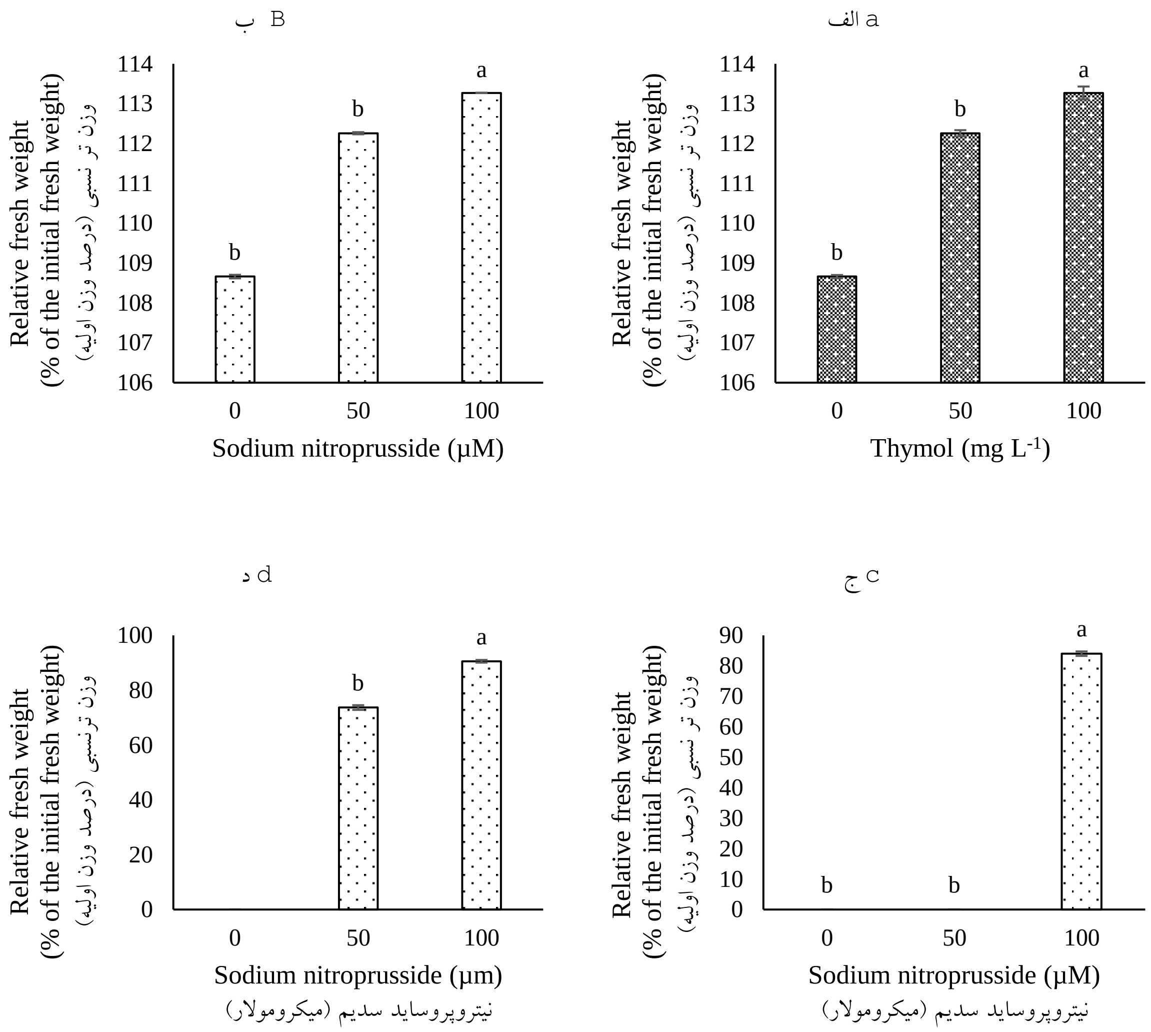
Table 2- Analysis of variance (mean square) of the effect of sodium nitroprusside and thymol on the relative fresh weight of alstroemeria cut flower.

روز ۱۵ (15th day)	روز ۱۳ (Thirteenth day)	روز ۱۱ (Eleventh day)	روز ۹ (Ninth day)	روز ۷ (Seventh-day)	روز ۵ (Fifth day)	روز ۳ (Third day)	روز ۱ (First day)	درجه آزادی (df)	منابع تغییرات (Sources of variance)
20638**	1738**	20871**	5870**	1776**	1151**	52.8*	12.3^{ns}	2	نیتروپروساید سدیم Sodium nitroprusside
2.6^{ns}	2144**	525^{ns}	1591**	61.6^{ns}	9.03^{ns}	1.23^{ns}	43.0**	2	تیمول Thymol
2.7^{ns}	2267**	297^{ns}	2157**	109*	127**	1.80^{ns}	7.10^{ns}	4	نیتروپروساید سدیم × تیمول Sodium nitroprusside×Thymol
151	200	5023	423	612	258	261	59	18	خطا Error
14.5	11.4	8.78	3.81	14.3	10.50	3.95	2.60		ضریب تغییرات CV

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns غیر معنی‌دار.

*Significant at 5% probability level, **significant at 1% probability level, ^{ns} not significant.

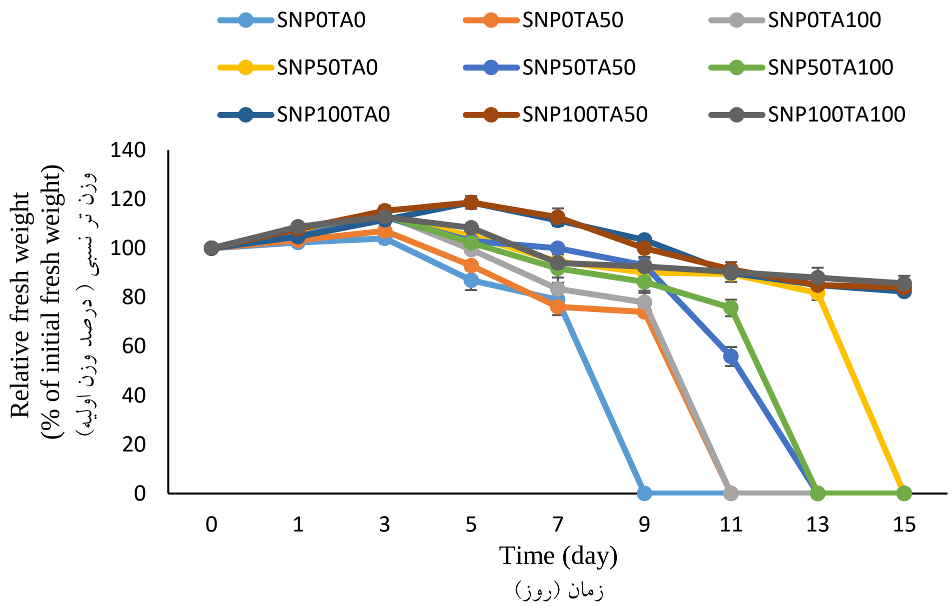
[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]



شکل ۲- اثرهای ساده تیمول بر وزن‌تر نسبی در روز اول (الف)، و اثرات ساده نیتروپروساید سدیم در روزهای سوم (ب)، یازدهم (ب)، و پانزدهم (ج) بر وزن‌تر نسبی گل بریدنی آلسترومریا. ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (تعداد= ۳±خطای استاندارد).

Figure 2- Single effect of thymol on the relative fresh weight (a), and single effect of sodium nitroprusside on the third (b), eleventh (b), and fifteenth (c) days on the relative fresh weight of alstroemeria cut flower. Columns with the same letters do not statistically differ significantly at the 5% level based on Tukey's test (*n* = 3 ± SE).

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]



شکل ۳- برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر وزن تر نسبی گل بریدنی آلسترومریا (مقادیر میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هستند (تعداد ± خطای استاندارد، SNP: نیتروپروساید سدیم، TA: تیمول).

Figure 3- Interaction effects of sodium nitroprusside and thymol on the relative fresh weight of alstroemeria cut flower (Values are means ± SE of three replicates (n = 3 ± SE; SNP: Sodium nitroprusside, TA: thymol)).

در آزمایش حاضر، کاربرد نیتروپروساید سدیم در اکثر روزها بر میزان وزن تر نسبی معنی‌دار بود (جدول ۲)، این افزایش نشان از تأثیر بیشتر آن بر ماندگاری گل‌های بریدنی نسبت به تیمول است، زیرا کاربرد ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم در صورت عدم کاربرد تیمول توانست عمر پس از برداشت گل‌های آلسترومریا را نسبت تیمارهای همراه با تیمول، افزایش دهد. نیتروپروساید سدیم با افزایش جذب آب باعث افزایش وزن تر ساقه می‌شود. کاربرد تولیدکننده‌های نیتریک اکسید موجب حفظ وزن تر از طریق کاهش باز شدن روزنه‌ها و تنفس، کاهش تبخیر و از دست رفتن آب می‌شوند (Seyf *et al*., 2012)، علاوه بر این، جذب نیتریک اکسید از محلول گلجایی منجر به افزایش وزن تر نیز می‌شود (Norani Niaki *et al*., 2020). در این مطالعه نیز کاربرد نیتروپروساید سدیم موجب افزایش وزن تر شاخه گل‌دهنده نسبت به شاهد شد. همان‌طور که روند نتایج نشان می‌دهد کاربرد همه تیمارها تا روز سوم سبب افزایش وزن تر گل‌ها گردید و پس از روز سوم در برخی روندی نزولی مشاهده شد (شکل ۳). از طرفی، وزن تر گل‌ها در تیمار شاهد که فاقد نیتروپروساید سدیم و تیمول بود، کمترین مقدار را نشان داد. کاهش در وزن تر در طی روزهای پایانی آزمایش می‌تواند وابسته به کاهش جذب آب، افزایش از دست دادن آب و افزایش در میزان تنفس باشد (Mansoury, 2012). تغییرهای وزن تر گل به جذب آب توسط گل بستگی دارد. با گذشت زمان آوندها به علل متفاوت مسدود شده، افزایش تبخیر و تعرق در گیاه و ادامه یافتن مکانیسم پیری و تنفس باعث از دست‌دهی آب به‌وسیله گل‌ها و بافت ساقه می‌شود. پس از آن گیاه نمی‌تواند جبران آب ازدست‌رفته را انجام دهد و قادر به جایگزینی مواد ذخیره‌ای مصرف‌شده نمی‌باشد، در نتیجه کاهش وزن تر در گیاه دیده می‌شود (Fanourakis *et al*., 2022). نتایج پژوهش‌های Issa Pere و همکاران (2014) روی عمر گلجایی گل بریدنی آلسترومریا نشان داد که تیمار ۵۰ و ۱۰۰

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

میلی‌گرم لیتر تیمول سبب افزایش عمر گل بریدنی آلسترومریا شد. از طرفی در آزمایش حاضر، بیشترین میزان وزن تر نسبی در این گل در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر حاصل شد که بیشترین میزان جذب محلول نیز در این تیمار به ثبت رسید. کاربرد اسانس علف لیمو[1] در محلول نگهداری گل گلایل[2] وزن تر گل و جذب محلول را توسط گل بهبود بخشیده است (Thakur *et al.*, 2023). همبستگی مثبت بین وزن‌تر با صفت جذب محلول و عمر پس از برداشت گل‌ها حاکی از تأثیر مثبت تیمارها بر افزایش میزان جذب محلول می‌باشد که منجر به افزایش وزن تر نسبی و ماندگاری گل‌های آلسترومریا شده است. از طرفی عدم همبستگی بین وزن تر با میزان باکتری‌های محلول با وجود افزایش میزان جذب محلول ممکن است حاکی از تأثیر بیشتر باکتری‌های ساقه نسبت به باکتری‌های محلول باشد (جدول ٤).

جذب محلول

برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر جذب محلول گل بریدنی آلسترومریا در تمامی روزها معنی‌دار شد (جدول ۳). در ارتباط با تغییرهای وزن محلول، مقایسه میانگین‌ها این موضوع را مطرح می‌کند که همه تیمارها به‌جز تیمارهای حاوی تیمول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر میزان جذب محلول تا روز پنجم روندی صعودی داشت و پس‌از آن تا پایان آزمایش به‌جز تیمارهای ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول و ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم روند نزولی به ثبت رسید. تیمار شاهد و تیمار حاوی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول تا روز سوم روندی صعودی داشتند و پس‌ازآن تا پایان آزمایش روندی نزولی را به ثبت رسانیدند. در طول آزمایش بیشترین میزان جذب در تیمارهای حاوی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول و ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم مشاهده شد و این میزان تا روز پانزدهم آزمایش ادامه داشت و در روز هفدهم آزمایش تمامی گل‌ها از بین رفتند. در روزهای اول، سوم و پنجم، تیمارهای حاوی ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول و ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بیشترین میزان جذب را به ثبت رسانیدند و کمترین میزان جذب در این روزها مربوط به تیمار شاهد بود. در روز هفتم بالاترین میزان جذب مربوط به تیمارهای حاوی ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بدون تیمول یا حاوی تیمول بود. در روزهای نهم گیاه شاهد و در روزهای یازدهم گیاهان حاوی تیمول ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از بین رفتند. در روزهای سیزدهم و پانزدهم از بین تیمارهای باقی‌مانده، تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول کمترین میزان جذب را به خود اختصاص دادند (شکل ٤).

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

۱- *Cymbopogon citratus*
۲- *Gladiolus grandiflorus*

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نیتروپروساید سدیم و تیمول بر جذب محلول گلجایی در گل بریدنی آلسترومریا.

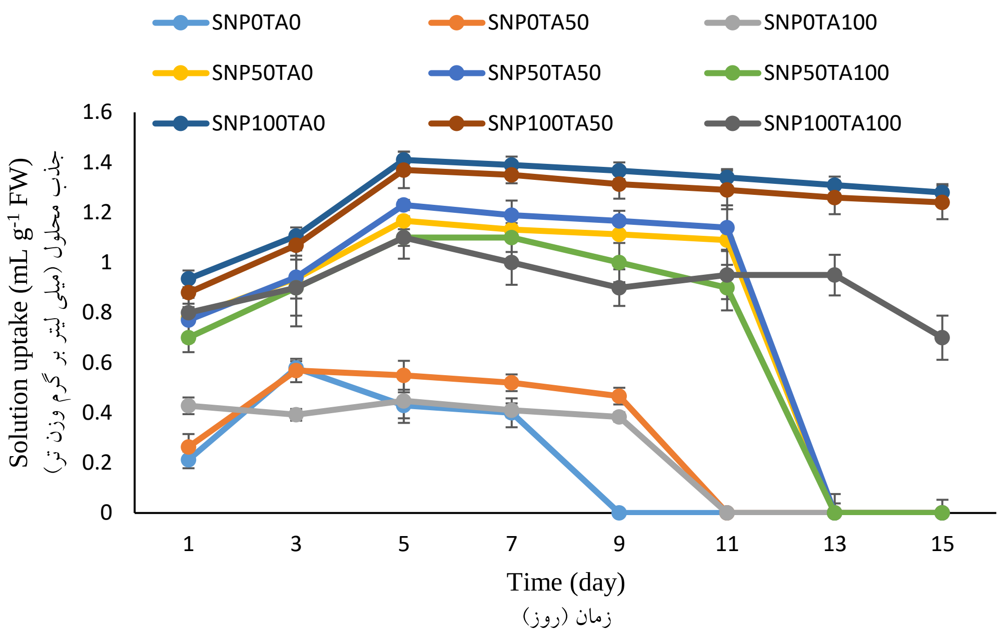
Table 3- Analysis of variance (mean square) of the effect of sodium nitroprusside and thymol on the solution uptake of alstroemeria cut flower.

منابع تغییرات (Sources of variance)	درجه آزادی (df)	روز ۱ (First day)	روز ۳ (Third day)	روز ۵ (Fifth day)	روز ۷ (Seventh day)	روز ۹ (Ninth day)	روز ۱۱ (Eleventh day)	در روز ۱۳ (Thirteenth day)	در روز ۱۵ (15th day)
نیتروپروساید سدیم Sodium nitroprusside	2	0.565**	0.716**	1.62**	1.69**	2.23**	3.589**	3.22**	3.91**
تیمول Thymol	2	0.209*	0.261**	0.24**	0.229**	0.214**	0.290**	0.543**	0.03^{ns}
نیتروپروساید سدیم × تیمول Sodium Nitroprusside×Thymol	4	0.188*	0.101**	0.78**	0.074**	0.197**	0.100**	0.284**	0.033*
خطا Error	18	0.793	0185	0.178	0.210	0.215	0.232	0.198	0.157
ضریب تغییرات CV	6.2	4.69	4.31	4.51	5.75	8.03	10.9	14.3	15.8
خطا Error									

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns غیر معنی‌دار.

*Significant at 5% probability level, **significant at 1% probability level, ns not significant.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]



شکل ٤- برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول برجذب محلول گلجایی گل بریدنی آلسترومریا (مقادیر میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هستند (تعداد ± خطای استاندارد، SNP: نیتروپروساید سدیم، TA: تیمول).

Figure 4- Interaction effects of Sodium nitroprusside and thymol on the solution uptake of alstroemeria cut flower (Values are means ± SE of three replicates (n = 3 ± SE; SNP: Sodium nitroprusside, TA: thymol)).

نیتریک اکسید موجب بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و این بسته شدن روزنه به‌نوبه خود منجر به القا تولید هورمون آبسزیک اسید می‌گردد. علاوه‌بر این، نیتریک اکسید منجر به بهبود کیفیت از طریق استحکام ساقه و حفظ سبزینه می‌شود (Antoniou *et al.*, 2013). از طرفی، اثر مثبت نیتروپروساید سدیم بر میزان جذب آب ممکن است با نقش آن در کاهش فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز و تولید سوبرین (چوب پنبه) باشد (Karimian *et al.*, 2019). با توجه به دلایل گفته‌شده می‌توان نتیجه گرفت، نیتریک اکسید به‌طور مستقیم و غیرمستقیم در جذب آب مؤثر است. در پژوهش حاضر نیز غلظت ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بیشترین جذب آب را موجب شده است و گیاهان در این غلظت، عمر گلجایی بیشتری نیز داشتند. البته در آزمایش اخیر به نظر می‌رسد که تیمول نیز در مقدار جذب آب مخصوصاً در سطح ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تأثیر قابل‌توجهی داشته و در غلظت‌های بالاتر تیمول، مقدار آب جذب‌شده توسط گیاه تفاوت معنی‌داری با تیمارهای بدون تیمول نشان نداد و یا در تیمارهای حاوی غلظت‌های بالاتر نیتروپروساید سدیم کاهش یافت. در تحقیقی مشخص شد که کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر اسانس کارواکرول تأثیر معنی‌داری بر جذب آب توسط گل بریدنی آلسترومریا ندارد (Issa Pere *et al.*, 2014). اما اثر مثبت این تیمار در گل‌های بریدنی داوودی (Hashemi *et al.*, 2013)، و ژربرا (Mallahi *et al.*, 2018) به اثبات رسیده است. در آزمایش حاضر، همبستگی مثبتی بین عمر گلجایی، جذب محلول، سبزینه و وزن خشک گیاهان آلسترومریا به ثبت رسید. هرچند در آزمایش Mostofi و همکاران (2010)

به همبستگی بین میزان سبزینه و جذب محلول و عمر گلجایی گل‌های میخک تیمار شده با نیتریک اکسید اشاره مستقیم نشده است، اما این تیمار تمامی شاخص‌های ذکرشده را نسبت به شاهد افزایش داد. در آزمایش اخیر، با همبستگی سبزینه برگ با افزایش جذب محلول در تیمار ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول و ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم، ماندگاری گل‌های بریدنی آلسترومریا افزایش یافت.

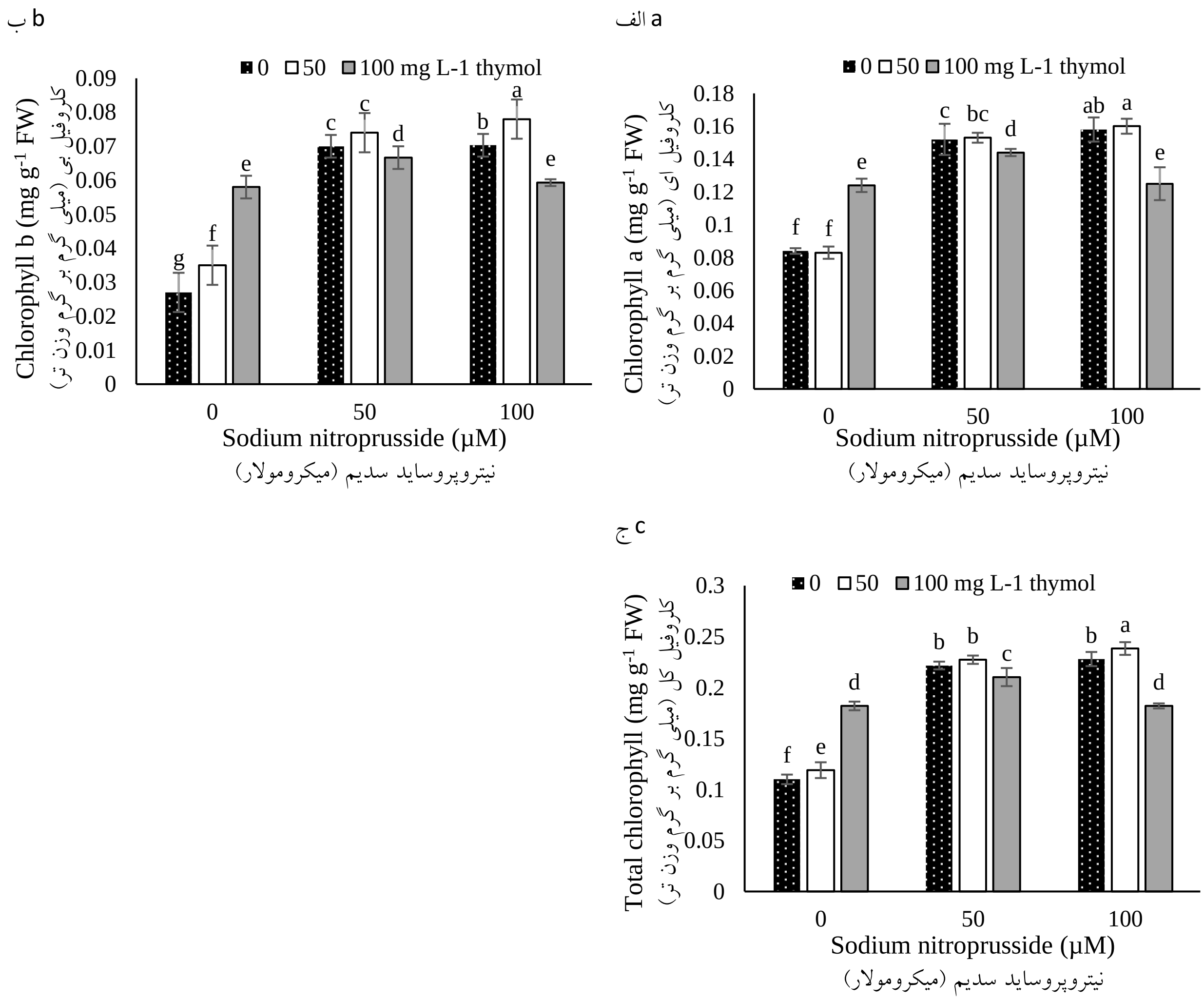
رنگ‌دانه‌های نورساختی

برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر سبزینه a، b و کل برگ آلسترومریا معنی‌دار شد (جدول ۱). شکل ۵ نشان می‌دهد که کاربرد نیتروپروساید سدیم به‌طور قابل‌توجهی موجب کاهش تخریب سبزینه برگ در آلسترومریا گردیده است. به‌طوری‌که کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم به همراه تیمول یا بدون تیمول نسبت به شاهد میزان سبزینه برگ را افزایش داده است. بیشترین میزان سبزینه a، b در تیمار ۱۰۰میکرومولار نیتروپروساید سدیم و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول به دست آمد و کمترین میزان این شاخص در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۵ الف و ب). در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم با افزایش غلظت تیمول به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر میزان سبزینه کل ٦٥٪ افزایش یافت، اما در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم با افزایش غلظت تیمول به ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به تیمارهای بدون تیمول میزان سبزینه روندی نزولی داشت (شکل ۵ ج).

باید توجه داشت ماندگاری گل آلسترومریا با ریزش گلبرگ به پایان می‌رسد اما زرد شدن برگ‌ها نیز یک مشکل اصلی برای گل‌های آلسترومریا است. در بیشتر از نصف رقم‌های این گل قبل از شروع ریزش گل‌ها، برگ‌ها زرد می‌شوند (Chanasut *et al*., 2003). سبزینه برگ باگذشت زمان و پیشروی پیری در برگ‌های گل آلسترومریا از بین می‌رود، اما بر اساس نتایج این پژوهش، این روند کم شدن در تیمارهای حاوی نیتروپروساید سدیم و تیمول ۵۰ میلی‌گرم در لیتر کمتر بود. روند زرد شدن برگ‌ها صفتی وابسته به سبزینه می‌باشد. کاربرد نیتروپروساید سدیم سبب حفظ سبزینه در گل بریدنی میخک تا روز هشتم شد (Mostofi *et al*., 2010). همچنین تخریب سبزینه در گل‌های بریدنی داوودی با کاربرد نیتروپروساید سدیم به تأخیر افتاد (Norani Niaki *et al*., 2022). از سوی دیگر، نیتروپروساید سدیم به‌عنوان یک مولکول سیگنال دهنده می‌تواند تولید و سیر تکاملی کلروپلاست‌ها را با افزایش مقدار گرانا لاملا و بیوسنتز سبزینه تحریک کند (Chen *et al*., 2010)، که ممکن است ظرفیت نورساختی گیاهان آلسترومریا را افزایش دهد. نیتریک اکسید در فرآیندهایی مثل تقسیم یاخته‌ای، نورساخت و افزایش میزان سبزینه کل دخالت دارد که این افزایش سبزینه توسط نیتریک اکسید می‌تواند با اثر بر آهن بر متابولیسم سبزینه مؤثر واقع شود، و همچنین سبب افزایش سنتز سبزینه و مانع از تخریب آن شود. از طرفی نیتریک اکسید به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود باعث حفظ سبزینه می‌شود (Fan *et al*., 2014). به علت اینکه برگ‌ها نقش مهمی در کیفیت ظاهری گل‌های شاخه بریده آلسترومریا ایفا می‌کنند، تحقیقات بسیاری برای به تأخیر انداختن زردی برگ‌ها با کاربرد ترکیبات شیمیایی صورت گرفته است (Alizade Matak & Hashemabadi, 2016)، ولی در سال‌های اخیر به‌کارگیری ترکیبات طبیعی مثل اسانس‌های گیاهی بسیار مورد توجه قرار گرفته است.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

کاهش میزان سبزینه برگ آلسترومریا در اثر کاربرد اسانس نعناع فلفلی[۱] در محلول نگهدارنده را گزارش کردند (Baba Rabi, 2013). تیمارهای اسانس تیمول از کاهش شدید محتوای سبزینه میخک‌های شاخه بریده جلوگیری کرد. اسانس‌ها سرشار از آنتی‌اکسیدان‌هایی هستند که از تخریب سبزینه جلوگیری می‌کنند. این به‌نوبه خود می‌تواند به افزایش سنتز گلوکز و فعالیت یاخته‌ای نسبت داده شود.



شکل ۵- برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر سبزینه a (الف)، سبزینه b (ب) و سبزینه کل (ج) برگ گل بریدنی آلسترومریا.

ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (تعداد= ۳±خطای استاندارد).

Figure 5- Interaction effects of Sodium nitroprusside and thymol on the leaf chlorophyll a (a), chlorophyll b (b), and total chlorophyll of alstroemeria cut flower. Columns with the same letters do not statistically differ significantly at the 5% level based on Tukey's test (*n* = 3 ± SE).

هنگامی‌که میزان گلوکز از طریق فشار اسمزی و مدیریت تنفس افزایش می‌یابد، تخریب سبزینه به حداقل می‌رسد (Gururani *et al.*, 2023). در آزمایش حاضر همان‌طور که مطرح شد در هنگام کاربرد نیتروپروساید، استفاده از تیمول ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر میزان

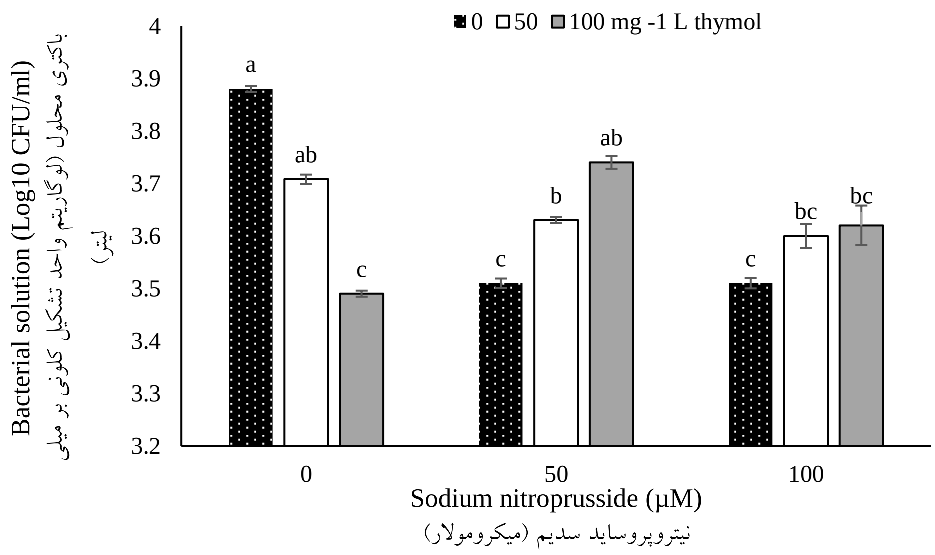
۱- *Mentha piperita*

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

سبزینه برگ نسبت به زمانی که تیمارها حاوی تیمول ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بودند، کاهش یافت. همچنین ممکن است دلیل عدم تأثیر مثبت اسانس تیمول در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر استفاده‌شده در این پژوهش بر ماندگاری برگ را بتوان به غلظت آن و یا به اتانول استفاده‌شده برای حل آن در آب مقطر مرتبط دانست. می‌توان همبستگی مثبت بین میزان سبزینه و ماندگاری گل‌های بریدنی آلسترومریا را نشان‌دهنده تأثیر مستقیم سبزینه بر ماندگاری گل‌های بریدنی دانست. در پژوهشی، Evelyn و همکاران (2023) تأثیر مثبت سبزینه بر ماندگاری گل‌های آنتوریوم را نشان دادند که با آزمایش حاضر همسو بود.

باکتری محلول

برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر باکتری‌های محلول نگهدارنده معنی‌دار شد (جدول ۱). در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم با افزایش غلظت تیمول کاهش تعداد باکتری‌های محلول مشاهده شد. اما در غلظت‌های بالاتر نیتروپروساید سدیم (۵۰ میکرومولار) افزایش تیمول تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر بر جمعیت باکتری‌های محلول افزود. علاوه بر شاهد، تیمارهای ۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم همراه با تیمول ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سبب افزایش باکتری‌های محلول گردید (شکل ٦).



شکل ٦- برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر میزان باکتری‌های محلول گلجایی گل بریدنی آلسترومریا. ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (تعداد= ۳± خطای استاندارد).

Figure 6- Interaction effects of Sodium nitroprusside and thymol on the bacterial solution of alstroemeria cut flower. Columns with the same letters do not statistically differ significantky at the 5% level based on Tukey's test (*n* = 3 ± SE).

هرچند پژوهش‌های زیادی براثر نیتروپروساید سدیم بر ماندگاری گل‌های بریدنی انجام‌شده است، اما تاکنون اثر این ماده بر جمعیت میکروبی گل‌های بریدنی مورد بررسی قرار نگرفته است. تنها تأثیر نیتروپروساید سدیم بر اختلال فعالیت برخی باکتری‌ها مانند باسیلوس، سودوموناس، کلوستردیوم از طریق آزاد نمودن نیتریک اکسید به اثبات رسیده است (Barraud *et al*., 2006). از

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

طرفی اثر ضدمیکروبی و ضدباکتریایی اسانس‌هایی نظیر تیمول (Gururani *et al*., 2023) نیز ثابت‌شده است. کاهش میزان باکتری در محلول گلجایی توسط تیمول نیز گزارش‌شده است (Baba Rabi, 2013). مواد ضد میکروبی، آسیب یاخته‌ای ناشی از رادیکال‌های آزاد را کاهش می‌دهند و درنتیجه طول عمر گل‌های بریدنی را بهبود می‌بخشد. خواص ضد میکروبی را می‌توان به وجود مواد فعال و پایه‌های الکلی نسبت داد که در غلظت‌های پایین در اسانس‌ها یافت می‌شوند. بسیاری از آزمایش‌ها اثر مثبت تیمول به دلیل ترکیبات فنولی را بر میزان باکتری‌های محلول به اثبات رسانیده‌اند. وجود این ترکیبات می‌تولند فعالیت ضد میکروبی را افزایش دهد زیرا به‌راحتی می‌توانند به غشای خارجی باکتری نفوذ کنند. ترکیبات فنولی (به‌عنوان‌مثال ترپن‌های اکسیژن‌دار "ترپنوئیدها") در مقایسه با هیدروکربن‌ها فعالیت ضد میکروبی ترجیحی دارند. گروه‌های هیدروکسیل موجود در تیمول، اوژنول، ترپینئول و کارواکرول، بسیار واکنش‌پذیر هستند و پیوندهای هیدروژنی را با محل‌های فعال آنزیم هدف ایجاد می‌کنند و آن‌ها را غیرفعال می‌کنند و منجر به اختلال در عملکرد یا پارگی غشای یاخته‌ای می‌شوند (Guimarães *et al*., 2019). بهترین غلظت در کاهش میزان باکتری‌های ساقه گل بریدنی رز ۱۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول گزارش‌شده است که با افزایش میزان جذب محلول بر عمر گلجای این گل مؤثر بوده است (Oraee *et al*., 2012). کاربرد اسانس زنیان[1] بر رشد کپک خاکستری در گل‌های بریدنی رز مؤثر بود و عمر پس از برداشت آن‌ها را افزایش داد (Saemi *et al*., 2018). نکته قابل‌توجه اثر بسیار مثبت نیتروپروساید سدیم بر کاهش رشد باکتری‌ها، بدون کاربرد هیچ‌گونه ترکیب ضد باکتریایی دیگری از رشد و تجمع کلونی باکتری‌ها ممانعت کرد و از این طریق سبب حفظ روند جذب آب شد، به‌طوری‌که عمر و ماندگاری گل‌های بریدنی آلسترومریا افزایش‌یافته است. در آزمایش اخیر کاربرد غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم همراه با تیمول یا بدون تیمول سبب کاهش رشد باکتری‌های محلول و درنتیجه سبب افزایش جذب محلول و ماندگاری گل‌های بریدنی آلسترومریا گردیده است. همبستگی مثبت بین صفات (جدول ٤) تائید کننده این نتیجه‌گیری است. همبستگی منفی بین تعداد باکتری‌ها و عمر گلجای نشان‌دهنده این است که با افزایش تعداد باکتری‌های محلول از عمر پس از برداشت گل‌ها کاسته می‌شود.

وزن خشک کل

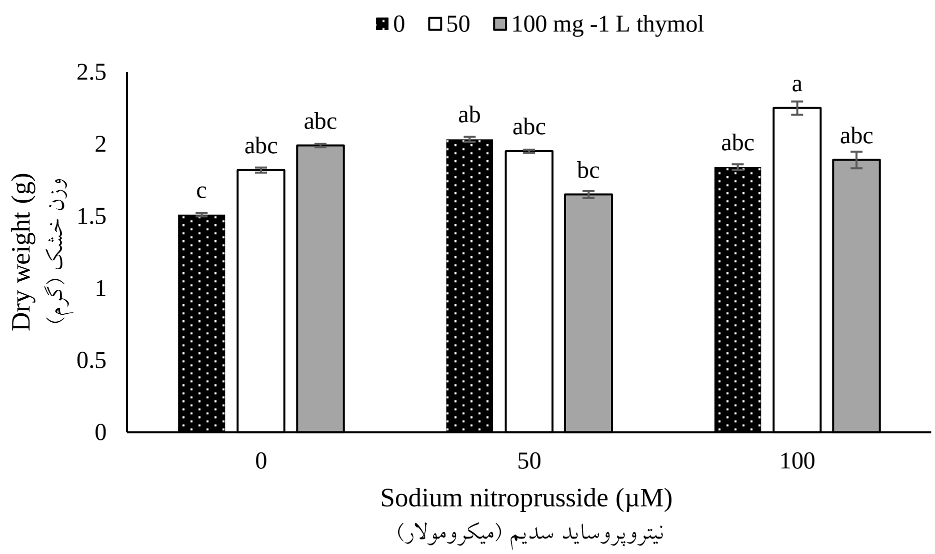
برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر وزن خشک گل آلسترومریا معنی‌دار شد (جدول ۱). در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم افزایش تیمول بر وزن خشک کل تأثیری نداشت، هرچند در تیمارهای ۵۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بدون تیمول بر وزن خشک افزوده شد. بالاترین وزن خشک گل مربوط به تیمار ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروپروساید سدیم و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول می‌باشد. افزایش تیمار تیمول تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در نیتروپروساید سدیم ۱۰۰ میکرومولار با شاهد تفاوت معنی‌داری ازلحاظ وزن خشک ایجاد نکرد (شکل ۷).

بهبود در رشد و عملکرد می‌تواند ناشی از حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ و کاهش محتوای پراکسید هیدروژن تولیدشده و بهبود سیستم آنزیمی گیاه در اثر کاربرد سدیم نیتروپروساید باشد (Abdi & Jabbarzadeh, 2022). همچنین سدیم نیتروپروساید

۱- *Trachyspermum ammi*

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

موجب بهبود وضعیت کلروفیل سلول‌های گیاهی در گل‌های بریدنی می‌شود و با تأخیر تخریب سبزینه گیاه می‌تواند افزایش ماده خشک تولیدی را در پی داشته باشد، درنهایت به افزایش تجمع ماده خشک تحت این شرایط منجر می‌شود که با نتایج آزمایش حاضر همسو می‌باشد. با توجه به نتایج آزمایش مشخص شد که نیتروپروساید سدیم نقش مثبتی در وزن شاخه گل داشته است. مشخص‌شده است که نیتریک اکسید باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های بیوسنتز لیگنین می‌شود. لیگنین یک پلیمر بسیار منشعب از سه الکل فنولی ساده است که در دیواره‌های یاخته‌ای، به‌ویژه در دیواره‌های ثانویه عناصر تراکئیدی آوند چوبی یافت می‌شود و موجب استحکام مکانیکی و سفتی ساقه‌های چوبی می‌گردد (Gomez-Ros *et al*., 2012). مطالعات نشان داد که افزایش لیگنین در دیواره‌های یاخته‌ای موجب افزایش وزن‌تر و خشک ساقه می‌شود (Abdi & Jabbarzadeh, 2022). در آزمایش اخیر تأثیر مثبت ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر نیتروپروساید سدیم و تیمول بر افزایش جذب محلول سبب افزایش وزن خشک گیاه آلسترومریا گردیده است که با نتایج Ghadimian و Danaei (2020) همسو بود. افزایش میزان ماده خشک گل داوودی، جذب آب، همراه با حفظ سبزینه و کاهش تعداد باکتری در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر تیمول نشان‌دهنده رابطه مستقیم بین کاهش تعداد باکتری و افزایش جذب محلول بر ماندگاری گل‌های بریدنی دانست (El-Sayed & El-Ziat, 2021). همبستگی مثبت بین وزن خشک، میزان سبزینه، و جذب محلول نشان‌دهنده تأثیر مثبت تیمارها بر افزایش میزان جذب محلول بود که منجر به افزایش وزن خشک گیاهان آلسترومریا گردید.



شکل ۷- برهمکنش نیتروپروساید سدیم و تیمول بر وزن خشک کل گل بریدنی آلسترومریا. ستون‌های دارای حروف مشترک ازنظر آماری بر اساس آزمون توکی تفاوت معنی‌داری در سطح ۵٪ ندارند (تعداد= ۳±خطای استاندارد).

Figure 7- Interaction effects of Sodium nitroprusside and thymol on the total dry weights of alstroemeria cut flower. Columns with the same letters do not statistically differ significantly at the 5% level based on Tukey's test (*n* = 3 ± SE).

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

جدول ٤- همبستگی بین صفات مورد بررسی در گل‌های بریدنی آلسترومریا تحت تیمارهای نیتروپروساید سدیم و تیمول.

Table 4. Correlation between investigated traits in alstroemeria cut flower treated with sodium nitroprusside and thymol.

5		4	3	2	1	
					1	عمر گلجایی Vase life
				1	0.380*	وزن‌تر Fresh weight
			1	0.661**	0.889**	جذب محلول Uptake solution
		1	0.715**	0.001^{ns}	0.676**	سبزینه کل Total chlorophyll
	1	-0.588**	-0.651**	-0.040^{ns}	-0.872**	تعداد باکتری Number of bacteria
1	-0.077^{ns}	0.460*	0.050**	0.132^{ns}	0.451*	وزن خشک Dry weight

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪، ns غیر معنی‌دار.

*Significant at 5% probability level, **significant at 1% probability level, ^{ns} not significant.

نتیجه‌گیری

تمامی تیمارها ماندگاری گل‌های بریدنی را افزایش دادند. وزن‌تر نسبی و جذب محلول در برخی تیمارها تا روز پنجم روندی افزایشی داشت اما از روز پنجم به دلیل رشد باکتری‌ها در محلول روندی نزولی داشتند. بیشترین وزن خشک در تیمارهای ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم، و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول به ثبت رسید. تمامی تیمارها میزان سبزینه a، b و کل را افزایش دادند هرچند که بالاترین میزان این شاخص در تیمار ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم، و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر تیمول مشاهده شد. در تیمارهای بدون نیتروپروساید سدیم با افزایش غلظت تیمول از تعداد باکتری‌های محلول کاسته شد، اما در غلظت ۵۰ میکرومولار روندی صعودی به ثبت رسید. همبستگی مثبت بین عمر پس از برداشت گل‌های بریدنی با جذب محلول و وزن تر نسبی و رابطه معکوس با میزان باکتری‌های محلول نشان‌دهنده تأثیر مستقیم تیمارها بر ماندگاری گل‌های آلسترومریا از طریق این سه شاخص می‌باشد. هرچند که بالاترین عمر گلجایی در تیمارهای ۱۰۰ میکرومولار نیتروپروساید سدیم بدون تیمول یا همراه با تیمول ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر به دست آمد، لذا کاربرد نیتروپروساید سدیم به‌تنهایی برای افزایش ماندگاری گل و برگ گیاه آلسترومریا توصیه می‌گردد.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

منابع

Abdi, R., Jabbarzadeh. Z. (2022). Effect of putrescine and nitric oxide on morphological, biochemical and postharvest characteristics of Rose ‘Avalanche’. *Journal of Horticultural Science, 36*(1), 193-212. (In Persian).

Alizade Matak, S., Hashemabadi, D. (2016). Increasing the vase life of Alstroemeria cut flowers using cycloheximide, benzyladenine and coconut juice. *Journal of Ornamental Plants, 6*(4), 225-236.

Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology, 24* (1), 1-15.

Baba Rabi, M. (2013). Investigating the ability to increase the flowering life of gerbera and alstroemeria by using some plant essential oils and common and natural compounds. Master's thesis, Gorgan University. (In Persian)

Barraud N., Hassett D. J., Hwang S.-H., Rice S. A., Kjelleberg S., Webb J. S. (2006). Involvement of nitric oxide in biofilm dispersal of *Pseudomonas aeruginosa*. *Journal of Bacteriology, 188*, 7344–7353.

Bleeksma, H. C., van Doorn, W. G. (2003). Embolism in rose stems as a result of vascular occlusion by bacteria. *Postharvest Biology and Technology, 29*(3), 335-341.

Bounatirou, S., Simitis, S., Miguel, M.G., Faleiri, L., Rejeb, M.N., Neffati, M., Casta, M.M., Figueiredo, A.C., Barroso, J.G., Pedro, L.G. (2007). Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of essential oils isolated from Tunisian *Thymus capitatus. Food Chemistry, 105,* 146-155.

Chanasut, U., Rogers, H. J., Leverentz. M. K., Griffiths, G., Thomas, B., Wagstaff, C., Stead, A.D. (2003). Increasing flower longevity in *Alstroemeria* . *Postharvest Biology and Technology, 29,* 324-332.

Chen, J., Xiao, Q., Wu, F., Dong, X., He, J., Pei, Z., Zheng, H. (2010). Nitric oxide enhances salt secretion and Na+ sequestration in a mangrove plant, Avicennia marina, through increasing the expression of H+-ATPase and Na+/H+ antiporter under high salinity. *Tree Physiology, 30*(12), 1570-1585.

Del Rio, L. A., Corpas, F. J., Barroso, J.B. (2004). Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. *Phytochemistry, 65,* 783-792.

El-Sayed, I. M., El-Ziat, R. A. (2021). Utilization of environmentally friendly essential oils on enhancing the postharvest characteristics of Chrysanthemum morifolium Ramat cut flowers. *Heliyon, 7*(1), 1-10.

Evelyn, S., Elibox, W., Umaharan, P., De Abreu, K., Farrell, A. D. (2023). Genotypic differences in vase life of *Anthurium andraeanum* (Hort.) cut-flowers are associated with differences in spathe chlorophyll content. *Postharvest Biology and Technology*, *197,* 112220.

Fan H.F., Du C.X., Ding L., Xu Y.L. (2014). Exogenous nitric oxide promotes waterlogging tolerance as related to the activities of antioxidant enzymes in cucumber seedlings. *Russian Journal of Plant Physiology, 61*(3): 366-373.

Fanourakis, D., Papadakis, V. M., Psyllakis, E., Tzanakakis, V. A., Nektarios, P. A. (2022). The role of water relations and oxidative stress in the vase life response to prolonged storage: A case study in chrysanthemum. *Agriculture, 12*(2), 185.

Freschi, L. (2013). Nitric oxide and phytohormone interactions: current status and perspectives. *Frontiers in Plant Science, 4,* 398.

Gelaye, Y. (2023). The status and natural impact of floriculture production in Ethiopia: a systematic review. *Environmental Science and Pollution Research, 30*(4), 9066-9081.

Ghadimian, S., Danaei, E. (2020). Influences of ascorbic acid and salicylic acid on vase life of cut flowers rose (*Rosa hybrida* cv. black magic). ALKHAS; *The Journal of Environment, Agriculture and Biological Sciences, 2*(1), 1-6.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

Ghasemi Ghasare, M., Kafi, M. (2008). Scientific and practical floriculture. Ghasemi Ghehsare Publishing House, Isfahan. (In Persian).

Gomez-Ros, L.V., Gabaldon, C., Nunez-Flores, M.J.L., Gutierrez, J., Herrero, J., Zapata, J. M., Sottomayor, M., Cuello, J., Barcelo, A. R. (2012). The promoter region of the *Zinnia elegans* basic peroxidase isoenzyme gene contains cis-elements responsive to nitric oxide and hydrogen peroxide. *Planta*, *236*(2), 327-342.

Guimarães AC, Meireles LM, Lemos MF, Guimarães MCC, Endringer DC, Fronza M, Scherer, R. (2019). Antibacterial activity of terpenes and terpenoids present in essential oils. *Molecules, 24*, 2471.

Gururani, M. A., Atteya, A. K., Elhakem, A., El-Sheshtawy, A. N. A., El-Serafy, R. S. (2023). Essential oils prolonged the cut carnation longevity by limiting the xylem blockage and enhancing the physiological and biochemical levels. *PlosOne, 18*(3), e0281717.

Hashemi, M., Mirdehghan, S. H., Farahmand, H. (2013). The effects of thymol, menthol and eugenol on quality and vase-life of chrysanthemum cut flowers. *Iran Agricultural Research*, *32*(2), 55-70.

He, S., Joycev, D. C., Irving D. E., Faragher. J. D. (2006). Stem end blockage in cut Grevillea 'Crimson Yul-lo' inflorescences. *Postharvest Biology and Technology*, *41*, 78-84.

Hussain, A., Shah, F., Ali, F., Yun, B. W. (2022). Role of nitric oxide in plant senescence. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-10.

Isapareh, A., Hatamzadeh, A., Ghasemnezhad, M. (2014). The effect of natural essential oil carvacrol and some growth regulators on vase life of cut flowers of Alstroemeria cv. Bridal. *Journal of Ornamental Plants, 4*(2), 115-122.

Issa Pere, A., Hatemzadeh, A., Ghasemnejad, M. (2014). Comparison of some chemical treatments and carvacrol in improving the shelf life of Alstroemeria bridal cut flowers. *Crop and Horticulture Processing Production, 5*(18), 105-113.

Karamian, R., Nasr Esfahani, M., Shabanian, S. (2019). Study of the effects of salicylic acid, sodium nitroprusside and ethanol on vase life and flower quality of cut flowers of two gerbera varieties. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 32*(3), 635-646. (In Persian).

Liao, W. B., Zhang, M. L., Yu, J. H. (2013). Role of nitric oxide in delaying senescence of cut rose flowers and its interaction with ethylene. *Scientia Horticulturae, 155*, 30–8.

Madadzadeh, N., Hasanpour Azim, M., Ruin, Z. (2013). The effect of plant essential oils and silver nanoparticles on the shelf life of cut flowers of Alstroemeria variety Sukari. *Iranian Journal of Horticultural Sciences, 45*(1), 67-78 (In Persian).

Mallahi, T., Ramezanian, A., Saharkhiz, M. J., Javanmardi, J., Iraji, A. (2018). Antimicrobial activities of Asafoetida and Shirazi thyme essential oils improve the vase life of gerbera cut flowers. *Acta Ecologica Sinica*, *38*(3), 228-233.

Mansouri, H. (2012). Salicylic acid and sodium nitroprusside improve postharvest life of chrysanthemums. *Scientia Horticulturae*, *145*, 29-33.

Mohammadi Kabari, S.F., Jadid Solimandarabi, M. (2019). Improving *Alstroemeria* Vase Life by Plant Extracts and 8-Hydroxyquinoline Sulfate. *Journal of Ornamental Plants, 9*(1), 1-11.

Moradi, R., Naghizadeh, M. (2017). The effect of different solutions on shelf life and some physiological and biochemical characteristics of different cut rose cultivars. *Scientific Journal of Promotion of Flowers and Ornamental Plants, 17*(1), 12.

Mostofi, Y., Rasouli, P., Naderi, R., Bagheri Marandi, G., Shafiei, M. (2010). Effect of nitric oxide and thidiazuron on vase life and some qualitative characteristics of cut carnation flower (*Dianthus caryophyllus* cv. Nelson). *Iranian Journal of Horticultural Science, 41*, 301-308 (In Persian).

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

Mutui, T.M., Emongor, V.E., Hutchinson, M.J. (2006) The Effects of Gibberellin$_{4+7}$ on the vase life and flower quality of *Alstroemeria* cut flowers. *Plant Growth Regulation, 48*, 207–214.

Noorani Niaki, S., Ebrahimi, R., Khademi, O., Fatehi, F. (2022). Effect of hana leaf extract and sodium nitroproside on some physiological characteristics and vase life of chrysanthemum cut flower (*Chrysanthemum morifolium*). *Iranian Journal of Horticultural Science, 53*(1), 181-192.

Oraee A., Oraee, T., Kyani, M., Ganji Moghadam, E. (2012). Investigating the growth control of bacteria in the stem of rose cut flowers ('Dolce vita') using preservatives. *Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products*, *4*(13), 227-232.

Oraee, A., Kiani., M. Ganji Moghadam, E. (2013). Effects of silver nanoparticles, silver thiosulfate, hydroxyquinoline and some natural compounds on the lifespan of rose flower, 7th Iranian Congress of Horticultural Sciences, Isfahan University of Technology (In Persian).

Oraee, T., Asghar Zadeh, A., Kiani, M., Oraee, A. (2015). The role of preservative compounds on number of bacteria on the end of stems and vase solutions of cut gerbera. *Journal of Ornamental Plants*, *1*(3), 161-165.

Piri, M., Jabbarzadeh, Z. (2023). The effect of foliar application of salicylic acid, spermidine and sodium nitroprusside on some growth and flowering characteristics, photosynthetic pigments and vase life of Lisianthus 'Mariachi Blue'. *Journal of Horticultural Science, 36*(4), 917-936 (In Persian).

Saemi, N., Nazarideljou, M. J., Nejad, N. K. (2018). Effect of essential oil of Ajowan on antioxidant capacity, flower longevity and resistance to gray mold of rose cut flower (*Rosa× hybrida* cv. Angelina). *Journal of Crops Improvement 19*(4), 1047-1060 (in Persian).

Salachna, P., Zawadzińska, A. (2018). Effect of nitric oxide on growth, flowering and bulb yield of *Eucomis autumnalis*. In VII International Conference on Managing Quality in Chains (MQUIC2017) and II International Symposium on Ornamentals 1201, 635-640.

Seyf, M., Khalighi, A., Mostofi, Y., Naderi, R. (2012). Effect of sodium nitroprusside on vase life and postharvest quality of a cut rose cultivar (*Rosa hybrida* Utopia). *Journal of Agricultural Science, 4*(12), 174-181.

Shabanian, S., Esfahani, M. N., Karamian, R., Tran, L. S. P. (2018). Physiological and biochemical modifications by postharvest treatment with sodium nitroprusside extend vase life of cut flowers of two gerbera cultivars. *Postharvest Biology and Technology, 137*, 1-8.

Solgi, M., Kafi, T. S. Taghavi., Naderi. R. (2009) Essential oils and silver nanoparticles (SNP) as novel agents to extend vase-life of gerbera (*Gerbera jamesonii* cv. 'Dune') flowers. *Postharvest Biology and Technology, 53*, 155- 158.

Solgi, M., Taghizadeh, M. (2016). The effect of silver nitrate, thymol, green silver nanoparticles and chitosan on the flowering time of cut flowers of carnation variety 'White Liberty'. *Plant Production (Scientific Journal of Agriculture), 40*(2), 1-12 (in Persian).

Tehranifar, A., Rashidi, A. (2019). Quality and Postharvest Physiology of Ornamental Plants. Mashhad: Ferdowsi University of Mashhad Press, Iran. Pp. 192. (In Persian).

Thakur, M., Verma, V., Chandel, A., Kumar, R., Sharma, T., Kumar, A., Bhargava, B. (2023). Lemon grass essential oil improves *Gladiolus grandiflorus* postharvest life by modulating water relations, microbial growth, biochemical activity, and gene expression. *Scientific Reports, 13*(1), 2630.

Vishwakarma, A., Wany, A., Pandey, S., Bulle, M., Kumari, A., Kishorekumar, R., Igamberdiev, A.U., Mur, L.A.J. Gupta, K. J. (2019). Current approaches to measure nitric oxide in plants. *Journal of Experimental Botany*, *70*(17), 4333-4343.

Wieczorek, J. F., Milczarek, G., Arasimovicz, M., Ciszewski, A. (2006). Do nitric oxide donors mimic endogenous No related response in plants. *Planta, 224*, 1363-1372.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

Yahyazadeh, M., Omidbaigi, R., Zare, R., Taheri, H. (2008). Effect of some essential oils on mycelia growth of *Penicillium digitatum* Sacc. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, *24*, 1445–1450.

Yang, H., Lim, S., Lee, J. H., Choi, J. W., Shin, I. S. (2021). Influence of solution combination for postharvest treatment stage on vase life of cut hydrangea flowers (*Hydrangea macrophylla* cv.'Verena'). *Horticulturae*, *7*(10), 406-417.

[DOI: 10.61186/flowerjournal.8.2.255]

Flower and Ornamental Plants (2024), 8(2): 255-278
Research article

Morpho-physiological changes in alstroemeria ˂Frosty˃ cut flowers treated with sodium nitroprusside and thymol

Atiyeh Oraee, Mahmoud Shoor*, Toktam Oraee, Mahboobe Miri, Mahdieh Eisaei, Simin Atarazadeh, Samane Khoshangosht, Narges Harati, Seyed Ali Assaran

Department of Horticultural Science and Landscape, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad

shoor@um.ac.ir
Received: 8/7/2023, Revised: 29/9/2023, Accepted: 3/10/2023

Abstract

Increasing the marketability of cut flowers is very important from an economic point of view and alstroemeria cut flowers are considered as one of the most important cut flowers in Iran and worldwide. To investigate the effect of different concentrations of sodium nitroprusside (0, 50, and 100 µM) and thymol (0, 50, and 100 mg L^{-1}) on the morpho-physiological traits of alstroemeria, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design. The longest vase life (16.3 days) was observed in the treatment with 100 µM sodium nitroprusside with or without thymol. In the treatments without sodium nitroprusside, no changes were observed in flower longevity with increasing thymol concentration. The interaction effects of sodium nitroprusside and thymol on relative fresh weight on days 5, 7, 9, and 13 and solution uptake were significant in all days. For the treatments with 50 and 100 µM sodium nitroprusside along with 50 mg L^{-1} thymol, there was an upward trend in solution absorption and relative fresh weight until the fifth day and a downward trend thereafter. The lowest value for relative fresh weight and solution absorption was observed in the control treatment. The highest values of chlorophyll a (0.16 mg L^{-1}), chlorophyll b (0.078 mg L^{-1}), and total chlorophyll (0.238 mg L^{-1}) were observed in the 100 µM sodium nitroprusside and 50 mg L^{-1} thymol treatments. In the treatments with 100 µM sodium nitroprusside without or with thymol, the lowest amount of bacteria (3.51-62.3 log10 CFU/ml) and the highest amount of this indicator (3.88 log10 CFU/ml) was detected in the control treatment. No significant difference in dry weight was observed in the treatments without sodium nitroprusside and 50 µM sodium nitroprusside with increasing thymol concentration, but the highest amount of dry weight was observed in the treatment with 100 µM sodium nitroprusside and 50 mg L^{-1} thymol. The results of this experiment suggested the use of 100 µM sodium nitroprusside with or without thymol to extend vase life and reduce chlorophyll degradation in alstroemeria cut flowers.

Keywords: Preservative solution, Nitric oxide, Essential oils, Cut flowers.